// PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 39. 29. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

**Originalmitteilungen:**
Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Parma: No. 4: P. Cardani: Über die während der verschiedenen Stadien der Kathodenstrahlung vom Funken absorbierte Energie. S. 569.
Skunkichi Kimura, Experimentaluntersuchungen über Funkentelegraphie. S. 571.
E. Marx, Über Neugschwenders elektrolytische und Schäfers nichtelektrolytische Antikohärer. (Erwiderung.) S. 574.
W. Michelson, Über eine Bemerkung des Herrn O. Lummer zur Strahlung schwarzer Körper. S. 576.
H. Trommsdorff, Die Dispersion Jenaer Gläser im ultravioletten Strahlengebiet. S. 576.
**Zusammenfassende Bearbeitungen:**
N. A. Hesehus, Kugel- und Flammenblitze als besondere Entladungsformen der atmosphärischen Elektrizität. S. 578.
**Referate:**
Laboratoriumsapparat zur Herstellung flüssiger Luft nach dem Lindeschen Verfahren. S. 581.
Fürst Galitzin und J. Wilip, Untersuchungen über das Brechungsverhältnis des Äthyläthers in der Nähe des kritischen Punktes. S. 582.
**Eingegangene Schriften.** S. 584.
**Personalien.** S. 584.

# ORIGINALMITTEILUNGEN.

## Mitteilungen aus dem physikalischen Institut der Königl. Universität Parma. (Direktor: P. Cardani.)

### No. 4[1]). P. Cardani: Über die während der verschiedenen Stadien der Kathodenstrahlung vom Funken absorbierte Energie.

Die Versuchsanordnung, die ich bei gegenwärtigen Untersuchungen anwendete, ist die nämliche, wie die bei meiner früheren Arbeit inne gehaltene, in welcher ich die oberste Grenze festzustellen suchte, die man dem Widerstand eines Funkens zuweisen kann, der einen integrierenden Teil des Entladungskreises eines Kondensators bildet[2]). Die äusseren Belegungen von zwei isolierten, cylindrischen Kondensatoren grossen Kalibers werden mit den Polen einer Holtz-Vossschen Maschine verbunden; im Nebenschluss wird der Hauptfunkenmesser mit einer Schlagweite von 2 cm eingeschaltet, die bei allen Versuchen konstant bleibt. Die inneren Belegungen werden durch den Stromkreis miteinander verbunden, in welchen die für die unternommene Untersuchung nötigen Apparate eingeschaltet werden, nämlich 1. der Platindraht eines besonderen Petroleum-Thermometer-Kalorimeters, und 2. die evakuierte Röhre, in der die Entladung vor sich geht.

Der Stromkreis wird durch grosse metallische Konduktoren vervollständigt. Im Nebenschluss wird zwischen besagte innere Belegungen eine lange, dünne Wassersäule eingefügt; so kann die Ladung des Kondensators regelmässig durch den flüssigen Konduktor erfolgen, während die impulsive Entladung fast vollständig den Stromkreis passiert, in welchen die leere Röhre eingeschaltet ist.

Es ist klar, dass bei dieser Anordnung nur ein sehr kleiner Teil der vorhandenen Energie sich in der Gestalt von Wärme in den grossen Konduktoren zeigt, die den Stromkreis vervollständigen; sie muss sich fast ganz teils im Petroleum-Kalorimeter, teils in demjenigen Teile des Stromkreises finden, der durch den Funken geschlossen wird. Wäre also die vorhandene Energie bei allen Versuchen konstant geblieben, so könnte man annehmen, dass die im Funken absorbierte Energie die Ergänzung zu der im Petroleum-Thermometer-Kalorimeter in der Gestalt von Wärme sich äussernden Energie sein müsste.

Die kugelförmige luftleere Röhre von etwa $600 \text{ cm}^3$ Inhalt trägt zwei Elektroden aus Aluminium; eine ist scheiben-, die andere fadenförmig. Die Verdünnung wird durch eine vorzügliche Ölpumpe nach Gerikschem System bewirkt, mit welcher man das den Röntgenstrahlen entsprechende Stadium überschreitet bis zu dem Punkte, wo die Röhre für den Durchgang der Entladung nicht mehr geeignet ist. Die Scheibe ist mit der negativ geladenen Belegung des Kondensators verbunden.

Durch vorhergehende geeignete Messungen versicherte ich mich, dass die im Stromkreis disponible Energie konstant blieb, gleichviel wie gross der Druck des Gases war, in dem der Funken entstand. Schaltete ich die leere Röhre aus dem Stromkreis aus, so dass die gesamte vorhandene Energie sich als Wärme im Thermometer-Kalorimeter zeigen musste, so fand ich unter vielen unternommenen Messungen als Mittel für 10 Funken, nach Beobachtung aller notwendigen Korrektionen, eine Anzahl von $N_0$ Teilstrichen, um die sich der Meniskus des Petroleums in der Kapillarröhre verschob, und zwar war $N_0 = 25,3$.

Die Versuche wurden mit dreierlei Gasen, Luft, Wasserstoff und Kohlensäure ausgeführt, die ich mir ausreichend rein und trocken verschaffte. Vorhergehende Untersuchungen lehrten: 1. dass

1) No. 3: Diese Zeitschrift **2**, 469, 1901.
2) Diese Zeitschrift **1**, 262, 1900.

| | | Luft | | Wasserstoff | | Kohlensäure-Anhydrit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $N$ | $\frac{N_0-N}{N_0}$ | $N$ | $\frac{N_0-N}{N_0}$ | $N$ | $\frac{N_0-N}{N_0}$ |
| 650 mm | Bandförmiger Funken | 12,8 | 0,49 | 16,2 | 0,36 | 11,0 | 0,56 |
| 320 „ | „ „ | 10,8 | 0,57 | — | — | 8,8 | 0,65 |
| 130 „ | Grösstenteils büschelförmiger Funken | 2,2 | 0,91 | 3,8 | 0,85 | 1,8 | 0,93 |
| 76 „ | Vollständiges Büschel | 3,6 | 0,83 | 5,6 | 0,78 | 2,9 | 0,88 |
| 38 „ | Ausgebreitetes Büschel | 6,0 | 0,76 | 9,2 | 0,63 | 5,9 | 0,76 |
| 6 „ | Der Lichtschein über der Kathode beginnt | 16,2 | 0,30 | 19,4 | 0,23 | 14,2 | 0,44 |
| 0,7 „ | Der dunkle Raum setzt sich ab | 21,3 | 0,16 | 21,4 | 0,15 | 21,7 | 0,14 |
| (?) | Der dunkle Raum bis etwa 8 mm | 22,8 | 0,10 | 23,0 | 0,09 | 22,5 | 0,11 |
| (?) | „ „ „ „ „ 20 „ | 22,3 | 0,12 | 22,5 | 0,11 | 22,5 | 0,11 |
| (?) | „ „ „ „ „ 35 „ | 21,1 | 0,16 | 20,8 | 0,18 | 21,0 | 0,17 |
| (?) | „ „ „ „ „ 50 „ | 19,5 | 0,23 | 18,5 | 0,27 | 18,3 | 0,27 |
| (?) | Umfangreiches weissliches Büschel über der Anode | 17,5 | 0,31 | 17,0 | 0,33 | 17,2 | 0,32 |
| (?) | Wanderndes Büschel am Rande der Anode. — Sehr schwache X-Strahlen | 12,3 | 0,51 | 11,9 | 0,53 | 11,3 | 0,55 |
| (?) | Kaum sichtbares Büschel. Intensive X-Strahlen | 6,8 | 0,73 | 7,0 | 0,72 | 6,0 | 0,76 |
| (?) | Jede Spur einer Lichterscheinung ist verschwunden | 3,1 | 0,88 | 4,0 | 0,84 | 3,0 | 0,88 |

der Vorgang, unter welchem sich bei fortschreitender Verdünnung das Aussehen des Funkens verändert, bei allen drei Gasarten völlig der gleiche ist; 2. dass bei allen direkt am Manometer gemessenen Druckhöhen die aufeinanderfolgenden Veränderungen im Aussehen des Funkens bei sämtlichen Gasarten bei den nämlichen Druckwerten vor sich gingen. Die Gestalt des Funkens ist also für einen bestimmten mechanischen Zustand des Gases, in dem er erzeugt wird, charakteristisch, und ist unabhängig von der Natur des Gases; ich habe darum bei den verschiedenen Stadien der Kathodenstrahlung den Vergleich zwischen den vom Funken in verschiedenen Gasarten absorbierten Energiemengen gemacht, indem ich mich stets auf gleiches Aussehen des Funkens in der Röhre bezogen habe. Um noch genauer über die Identität der Funkengestalt urteilen zu können, benutzte ich Induktionsströme aus einer mittleren Ruhmkorffschen Spule, da bei der Augenblicklichkeit der Erscheinung ein derartiger Vergleich mit Entladungen des Kondensators überaus schwierig wird. In den ersten Stadien der Kathodenstrahlung war mir die Entfernung, bis zu welcher sich der dunkle Raum von der Kathode aus erstreckt, ein vorzügliches Vergleichsmittel; in den folgenden Stadien dienten mir die Veränderungen der Lichtphänomene über der Anode als solches.

In obenstehender Tabelle sind die Resultate der Versuche eingetragen; die Messungen wurden auch bei höheren Drucken als die der Kathodenstrahlung gemacht, um zu sehen, ob man bei verschiedenen Gasen zu denselben Resultaten gelangt, wie sie für die Luft in der oben citierten Arbeit angegeben sind. In der ersten Reihe sind die direkt am Manometer gemessenen Druckwerte des Gases, soweit es mir möglich war, angegeben; in der zweiten Reihe das Aussehen des Funkens; sodann für jedes Gas in einer Reihe die Werte der Teile $N$, die am Thermometer beobachtet wurden, während die Röhre in den Stromkreis eingeschaltet war, so dass die vom Funken absorbierte Energie der Wärmemenge entsprach, welche auf dem Thermometer eine Anzahl von $N_0-N$ Teilstrichen gegeben hätte; in der zweiten Reihe finden sich die Werte von $\frac{N_0-N}{N_0}$, das heisst die Werte des Verhältnisses zwischen der von der Röhre absorbierten Energie und der ganzen vorhandenen Energie.

Aus der Tabelle wird vor allem ersichtlich, dass in den verschiedenen Gasarten eine gründliche Veränderung in der vom Funken absorbierten Energie eintritt, sobald derselbe mit fortschreitender Verdünnung aus der Form des leuchtenden Bandes in die Büschelgestalt übergeht; für Luft hatte ich das gleiche Resultat schon in der oben erwähnten Arbeit festgestellt. Die Funkenenergie erreicht ein Maximum nach vollzogener Umwandlung; hierauf nimmt sie sehr schnell ab und gelangt zu einem Minimum, wenn die Kathoden-Erscheinungen in der Röhre anfangen vorzuherrschen. Von diesem Zeitpunkt an steigt die vom Funken absorbierte Energie allmählich, bis sie bei der äussersten Verdünnung fast die gesamte disponible Energie darstellt. Bei Beginn und Entwickelung der X-Strahlen beobachtet man in den Grössen der vom Funken absorbierten Energie also keine Besonderheit; nach einigen Versuchen von Villard[1]) scheint es indessen, dass die vom Funken absorbierte Energie eine

1) Journal de Physique **8**, (3), 5, 1899.

äusserst rasche Zunahme in den letzten Stadien der Kathodenstrahlung zeigt, so dass diese Zunahme eben eine Begleiterscheinung zu Beginn der Entwickelung der Röntgenstrahlen wäre.

An zweiter Stelle geht aus der Tabelle hervor, dass bei Druckgrössen, die höher als die der Kathodenstrahlung entsprechenden sind, der Funken eine Energiemenge absorbiert, die je nach der Natur des angewandten Gases verschieden ist; jedoch verändert sich die vom Funken absorbierte Energie in allen drei Gasarten nach demselben Gesetz, derart dass die Maxima und Minima den gleichen Druckgrössen entsprechen. Durch diesen Umstand wird die obige Behauptung bestätigt, nämlich dass das Aussehen des Funkens für einen bestimmten mechanischen Zustand des in der Röhre enthaltenen Gases charakteristisch ist.

Schliesslich ist aus den in der Tabelle eingetragenen Grössen in allen Stadien der Kathodenstrahlung kein Unterschied zwischen den vom Funken in verschiedenen Gasen absorbierten Energiemengen zu entnehmen, wenn man den Vergleich bei gleichem Aussehen des Funkens in der Röhre macht. In allen bisher erreichten Stadien scheint es gewiss, dass die Kathoden-Erscheinungen unabhängig von der Natur des Gases sind, in dem sie auftreten; man gelangt nach den oben angezogenen Versuchen zu der nämlichen Schlussfolgerung, was die vom Funken absorbierte Energie anbetrifft. Ist die Kathodenstrahlung, wie viele glauben, einer besonderen, von der Natur des Gases unabhängigen Ionisierung zuzuschreiben, so führen uns diese Versuche zu dem Schlusse, dass auch die zur Erzeugung der entsprechenden kleinsten Körperchen erforderliche Energie stets dieselbe ist.

Im Verlauf dieser Versuche konnte ich ferner erkennen:

1. dass die Emission der X-Strahlen in einer gegebenen Röhre nicht von der totalen Energiemenge, die der Funken absorbiert, abhängt, sondern von der spezifischen Energie, mit der das Kathodenbüschel die Wand der Röhre trifft. Ist der Aluminiumdraht Kathode, so fand ich, dass die Emission der X-Strahlen schon ausgiebig war, wenn der dunkle Raum sich nur 50 mm von der Scheibe erstreckte, also in einem Stadium der Kathodenstrahlung, das bedeutend vor dem liegt, in welchem die Emission der X-Strahlen beginnt, wenn statt dessen der Draht Anode ist.

Bei Messungen, welche ich machte, um die unter diesen Umständen vom Funken absorbierte Energie zu bestimmen, fand ich eine bedeutend geringere Grösse als die, welche man erhält, wenn die Emission der X-Strahlen dem von der Scheibe ausgehenden Kathodenbüschel zuzuschreiben ist. So werden indirekt die einschlägigen Resultate von Villard[1]) und Wehnelt[2]) bestätigt.

2. Dass bei Entladungen des Kondensators die Röhre sofort ein rapides Besserwerden zeigt, als ob in ihr eine raschere Verdünnung stattfände; so kann man, von einem Stadium der Kathodenstrahlung, das vor der Emission der X-Strahlen liegt, ausgehend, nach einigen hundert auf einanderfolgenden Entladungen des Kondensators die Röhre in ein der kräftigsten Emission der X-Strahlen entsprechendes Stadium versetzt sehen.

Diese Aufbesserung der Röhre ist jedoch nicht anhaltend, was den Verdacht nahe legt, dass dieselbe durch Ursachen elektrostatischer Natur bewirkt wird.

1) l. c.
2) Diese Zeitschrift **2**, 334, 1901.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 17. April 1901.)

## Experimental-Untersuchungen über Funkentelegraphie.

Von Skunkichi Kimura.

Obgleich die Funkentelegraphie allenthalben gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses steht, erstrecken sich die betreffenden Arbeiten nur selten auf die grundlegenden Fragen der Methode: Welche Bedeutung hat die Erdleitung, die für die Empfängerstation ja so wesentlich ist, und welcher Teil der induzierten elektrischen Energie ist wirksam zur Erzielung der beabsichtigten Änderungen im Kohärer.

Wie es scheint, nahm man stillschweigend an, die Erde als solche spiele eine grosse Rolle und setzte infolgedessen voraus, dass der vertikale Empfängerdraht an seinem unteren Ende sich auf dem konstanten Potential *o* befinde. Ferner scheint es, dass allein die elektromotorische Kraft der induzierten elektrischen Schwingung bestimmend ist für die Widerstandsänderungen im Kohärer.

Zur Entscheidung in diesen grundlegenden Fragen ist der gewöhnliche, von Marconi benutzte Empfänger gänzlich ungeeignet; denn derselbe enthält einerseits die eigentliche Kohärerröhre, welche für sich schon nicht völlig gleichmässig arbeitet und ausserdem den Klopfer, von dem dasselbe gilt; andererseits müsste man auf dem Telegrammstreifen den ursächlichen Zusammenhang aus den Strichen und Punkten herauslesen. Ich hatte nun schon lange auf diesem Gebiet meinen „Tonempfänger" (sound-

receiver) benutzt, der auch seit dem verflossenen Juni von der Admiralität erprobt und kürzlich für den Dienstgebrauch eingeführt wurde. Derselbe giebt jede Änderung der Versuchsbedingungen durch eine Änderung der Stärke, der Schärfe oder der Dauer des Tones wieder.

Jeder, der einmal über Funkentelegraphie gearbeitet hat, kennt nur zu gut die Thatsache, dass Telegraphieren auf kurze Entfernungen, etwa einige hundert Meter, und Telegraphieren auf grosse Entfernungen, bis zu 30 (englischen) Meilen, zwei völlig verschiedene Dinge sind. Die nachstehend beschriebenen Versuche wurden auf Strecken von mehr als 25 Meilen Länge ausgeführt, eine Entfernung, bei welcher der Austausch von Nachrichten noch sicher erfolgte.

### Die Bedeutung der Erdleitung.

I. Versuchsbedingungen: Die „Strecke" war 27 Meilen lang. Auf beiden Stationen bestanden die vertikalen Drähte aus einer Kupferleitung von je 170 Fuss Länge, die „Erdplatten" waren Kupferplatten von 7000 $cm^2$, welche in das Meer versenkt waren. Die Verbindung zwischen den vertikalen Drähten und den „Erdplatten" erfolgte durch Drähte, welche in jeder Hinsicht — auch geometrisch — soweit als möglich auf beiden Stationen miteinander übereinstimmten, so dass in diesem sogenannten „Normalzustand" Geber und Empfänger aufeinander abgestimmt waren und eine daraus eventuell resultierende Wirkung im Maximum auftreten musste.

II. Die Versuche: Die Versuche begannen damit, dass die Empfängerstation mittels Funkentelegramm der Sendestation den Auftrag erteilte, ihr 30 Minuten lang das Zeichen · · · · — · zu übersenden. Während dieser Zeit wurden auf der Empfängerstation die verschiedenen Erdverbindungen eingeschaltet und die Änderungen beobachtet, welche der Ton des „Ton-Empfängers" erlitt. Es kamen hierbei folgende Erdverbindungen zur Verwendung:

*A* Kreisscheibe aus Bronze; 1 cm dick; 10 cm Durchmesser.

*B* Kreisscheibe wie *A*; 13 cm Durchmesser.

*C* Kupferplatte, 7000 $cm^2$, in einem vom Meerwasser durchnässten Untergrund.

*D* Cylinder aus verzinntem Eisenblech, 150 cm lang; 100 cm Durchmesser.

*D'* ein genau gleicher Cylinder.

*E* Kupferdraht, 1500 cm lang; 0,3 cm dick.

Es wurden mit diesen Erdverbindungen folgende Resultate erzielt.

| Ordnungsnummer des Versuches | Erdverbindung | Ton im Empfänger |
|---|---|---|
| 1. | *A* | Kein Ton. |
| 2. | *A* + *B* | Schwacher, aber deutlicher Ton, der rasch abnimmt. |
| 3. | *C* Normalzustand | Ton kräftiger als 2, aber noch immer die Neigung, schwächer zu werden. |
| 4. | *D* auf Gras | Ton kräftiger als 3, hält gut an, aber nicht völlig scharf. |
| 5. | *D* im Seewasser | Ton wie 4, scharf. |
| 6. | *E* auf Gras | Ton deutlich, aber Nebengeräusche. |
| 7. | *E* das Ende im Seewasser | Wie 6. |
| 8. | *C* | Wie 3. |
| 9. | *A* + *B* | Wie 2. |
| 10. | *C* | Wie 3. |
| 11. | *C* + *D* im Seewasser | Ton stark und deutlich; scharf. |
| 12. | *D* im Seewasser | Wie 5. |
| 13. | *D* im Seewasser + *D'* auf Gras | Nicht viel verschieden von 12. |
| 14 | *D* + *D'* im Seewasser | Ton stärker als 12, deutlich und scharf. |
| 15. | *C* u. *D*, *D'* im Seewasser | Ton sehr kräftig und scharf. |
| 16. | *C* | Wie 3. |
| 17. | *C* u. *D*, *D'* im Seewasser | Wie 15. |

Diese Versuchsreihe konnte in 20 Minuten erledigt werden; man konnte im voraus schon annehmen, dass in dieser Zeit sich im Empfänger alles konstant erhielt mit Ausnahme der Erdverbindungen. Diese Annahme fand ihre nachträgliche Bestätigung darin, dass bei der Rückkehr zu einer schon benutzten Erdverbindung stets derselbe Ton im Empfänger gehört wurde und andererseits beim Übergang von einer Erdverbindung zur andern der Ton sich plötzlich und ohne Zwischenstufen änderte. Es ist mithin nicht zweifelhaft, dass die Änderungen im Ton einzig und allein bedingt sind durch die Verschiedenheit der Erdverbindungen.

III. Folgerungen. Die Beobachtungen ergeben, dass die induzierten elektrischen Schwingungen, indem sie durch den Kohärer, oder allgemeiner ausgedrückt, durch den Empfänger fliessen, eine Wirkung hervorbringen, die um so stärker ist, je grösser die Oberfläche der Erdplatte ist. Die Aufgabe der Erdverbindung bei der Funkentelegraphie ist, die induzierten elektrischen Schwingungen durch den Empfänger zu leiten, und sie wirkt dabei durch ihre Kapazität.

Aus den Beobachtungen ergiebt sich ferner, dass die Wirkung im Empfänger unabhängig davon ist, ob die „Erdung" gut oder schlecht ist, sie ist die gleiche, ob die betreffende metallische Oberfläche vollkommen oder unvollkommen von der Erde isoliert ist, das Hinzufügen einer grossen metallischen Oberfläche zu der besten „Erdung" hingegen erhöht die Wirkung bedeutend. Der Einfluss der Erde

als solcher ist bei der Telegraphie ohne Draht ein äusserst geringer, wenn er auch nicht ganz unmerklich ist. Man darf wohl annehmen, dass die Knotenfläche der induzierten Schwingungen wenig jenseits der Erdplatte liegt, sowie dass die Platte an ihrer Oberfläche oszillatorische Schwingungen empfängt. Seitdem ich diese Versuche abgeschlossen habe, ist es mir gelungen, auf Entfernungen bis zu 50 Meilen zu telegraphieren, wobei die Erdverbindung aus 3 Ölkannen bestand, welche untereinander verbunden und auf das Gras gesetzt waren. Diese Thatsachen sind nach meiner Meinung unvereinbar mit der Vorstellung, dass das induzierte elektrische Potential allein die ausschliessliche Ursache der Widerstandsabnahme im Empfänger sei und dass an dem anderen Ende desselben sich ein Knoten des Potentiales der induzierten Wellen befinde. Das Problem des gegenseitigen Abstimmens wird, wenn es überhaupt gelöst werden kann, bei der Bestimmung der natürlichen Periode der elektrischen Schwingungen die Kapazität der Erdplatte berücksichtigen müssen.

### Elektromotorische Kraft und Stromstärke.

Wenn verschiedene Vertikaldrähte in gleichen Abständen von der Geberstation und voneinander angebracht werden, so empfängt jeder derselben einen bestimmten Betrag von elektrischer Energie und erregt einen Empfänger, der an seinem unteren Ende angebracht ist. Man kann nun statt dessen die Energie der einzelnen Drähte einem und demselben Empfänger zuführen und so die Wirkung in diesem verstärken. Benutzt man hierbei Drähte, deren jeder für sich allein schon den Empfänger zum Ansprechen bringt, so muss der Ton in demselben bedeutend kräftiger werden; wendet man aber kürzere Drähte an, von denen ein einzelner zum Telegraphieren nicht genügt, so lässt sich auf diese Weise durch Vermehrung der Drähte eine ausreichende Wirkung erzielen. Nach dieser Richtung wurden schon seit längerer Zeit mit Hilfe des Ton-Empfängers Versuche angestellt, zuerst auf kürzere Entfernungen und schliesslich auf Strecken von 10, 25 und 30 Meilen.

Es wurden hierbei vertikale Drähte von gleicher Länge an Holzringen voneinander isoliert befestigt und an ihrem unteren Ende miteinander und mit dem Empfänger verbunden. In einem Falle berührte ich zufällig, als ich mit einem Drahte ein Telegramm aufnahm und die Leitung der neun anderen Drähte in der Hand hielt, mit dieser den Empfänger; der Ton wurde sofort stärker und schärfer, hob ich die Berührung auf, so erschien wieder der frühere Ton. In einem andern Falle arbeitete ich mit 5 Drähten, deren jeder für sich allein bei der betreffenden Entfernung keine ausreichende Verbindung herstellte; ein Draht gab einen eben hörbaren Ton, bei 2 Drähten war der Ton immer noch schwach; er wurde mit jedem weiteren eingeschalteten Draht stärker und bei 5 Drähten war eine sichere Verbindung zwischen beiden Stationen hergestellt[1]. Allerdings ist die Wirkung im Empfänger nicht proportional der Anzahl der Drähte; so war die Steigerung des Tones bei der Zuschaltung der ersten fünf Drähte weit grösser als bei der Zuschaltung von weiteren fünf Drähten. Es ist dies bedingt durch den asymptotischen Charakter von seiten des Empfängers.

Es ist selbstverständlich, dass bei diesen Versuchen die auf den Empfänger wirkende induzierte elektromotorische Kraft bei 5 Drähten die gleiche ist, wie bei einem Draht und dass die erhöhte Wirkung nur durch eine Vermehrung der Stromstärke zu stande kommt. Man kann mithin behaupten, dass bei gleichbleibender E. M. K. die Verminderung des Widerstandes im Empfänger wächst, wenn der Strom in diesem stärker wird, oder mit andern Worten: die Wirkung im Empfänger hängt ab von der elektrischen Energie, welche in dem Auffangedraht (oder in dem System dieser) induziert wird.

Andere Versuche ergaben, dass die im Empfänger auftretende Wirkung wächst, wenn die Stromdichte zunimmt. Ich kann ferner behaupten, dass der Potentialabfall im Auffangedraht weder gleichförmig noch sinusartig ist, seinen Bauch an der Spitze und seinen Knoten an dem Erd-Ende hat.

Wenn der Anfangswiderstand des Empfängers grösser genommen wird, wächst auch das Potential an seinem Ende und ebenso auf der ganzen Länge des Auffangedrahtes. Die induzierte E. M. K. hat das Bestreben, zu einem Maximalwert am Ende des Empfängers anzuwachsen; die Grösse dieses Maximums hängt sowohl von der Länge des vertikalen Drahtes als auch von dem Anfangswiderstand des Empfängers ab, während der Widerstand desselben meistens schon abnimmt, ehe die E. M. K. ihr Maximum erreicht hat.

Ferner möchte ich annehmen, dass die induzierten elektrischen Oszillationen durch den Empfänger fliessen, wie gross auch sein Widerstand sein mag. Jede Oszillation hat ihren Anteil an der Gesamtänderung des Empfängers, die einzelnen Beträge addieren sich in ihm, bis er den für die Übermittelung der telegraphi-

1) Dieselbe Erscheinung tritt auch am Marconischen Empfänger auf, nur ist sie dort nicht so augenfällig.

schen Zeichen erforderlichen Zustand erreicht hat. Man kann sich vielleicht ein passendes Bild von diesem Vorgang machen, wenn man sagt, dass die Widerstandsabnahme des Empfängers aus der Summe der Einzelwirkungen elektrischer Oszillationen, welche ihn durchfliessen, resultiert.

Naval Staff College, Tokio.

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 24. Mai 1901.)

---

## Über Neugschwenders elektrolytische und Schäfers nichtelektrolytische Antikohärer.

(Erwiderung).

Von Erich Marx.

Auf Seite 550 des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift sucht Herr Neugschwender nachzuweisen, dass die, wie ich seiner Zeit besonders hervorhob[1]), sich in peinlichst ausgetrockneter Atmosphäre befindlichen Schäferschen Antikohärer elektrolytisch leitend, und infolgedessen „Neugschwendersche" seien.

Um diesen Beweis zu führen, behauptet Herr Neugschwender, die Atmosphäre, in der sich die Spalte befinden, sei gar nicht ausgetrocknet; unter dieser Annahme wird alsdann für einen Teil der von mir an trockenen Silberspalten beschriebenen Erscheinungen gezeigt, dass diese auch auftreten, wenn der Spalt Feuchtigkeit enthält, was nie bestritten wurde. Andere Antikohärererscheinungen, die von mir beschrieben wurden, für deren Erklärung ganz unmöglich die elektrolytische Brückentheorie herbeigezogen werden kann, die also in die Neugschwendersche Theorie nicht hineinpassen, werden dagegen von Herrn Neugschwender mit Stillschweigen übergangen.

Ich gehe zunächst auf die Behauptung des Herrn Neugschwender ein, die von mir beschriebenen Schäferschen Antikohärer seien gar nicht ausgetrocknet. Herr Neugschwender stützt sich bei dieser Behauptung darauf, dass bei der Beschreibung der Herstellung der Antikohärer gesagt ist, dass in die die Röhre enthaltenden Spalte wiederholt Luft ein- und ausgelassen wird. Er hält meine Angabe, dass durch ein solches Verfahren die Luft in der Röhre getrocknet werde, für unrichtig. Um diesem Bedenken zu begegnen, muss ich um Nachsicht dafür bitten, dass ich hier die Methode, der Luft die Feuchtigkeit zu entziehen, zu beschreiben gezwungen bin.

Das Glasrohr, welches die Antikohärer enthält, wird mit einer Reihe *U*-förmiger Gefässe, die zum Teil Chlorkalcium, zum Teil Phosphorsäureanhydrit enthalten, derart verbunden, dass sowohl die eingesaugte, als die beim Auspumpen das Rohr verlassende Luft, die mit Wattestopfen versehenen *U*-Röhren passieren muss. Durch diesen Kunstgriff wird es auch Herrn Neugschwender gelingen, trockene Luft in der Röhre, die den Antikohärer enthält, zu erhalten.

Herr Neugschwender ist „überzeugt, dass ein solcher Antikohärer, in einen Exsikkator gebracht, versagt". Demgegenüber bemerke ich, dass solche Antikohärer, wenn sie geeignet präpariert sind, im Exsikkator weit sicherer und besser funktionieren als die des Herrn Neugschwender.

Herr Neugschwender erwähnt weiter sein vergebliches Mühen, nach meinen Vorschriften einen Antikohärer herzustellen. Dieses Misslingen ist voraussichtlich dadurch verursacht, dass Herr Neugschwender keinen geeigneten Silberspiegel verwandte.

Die Beschreibung, wie diese Spiegel am besten hergestellt und präpariert werden, habe ich mir seiner Zeit aus naheliegenden Gründen versagen müssen. Wie mir geschrieben wurde, ist manchem Fachgenossen das Experiment deshalb misslungen, ohne dass er freilich wegen dieses Misslingens behauptet hätte, ein trockener Antikohärer sei nicht möglich. Das Gelingen hängt eben sehr von der Beschaffenheit des Spiegels ab. Wer die Arbeiten über Silberspiegel[1]) verfolgt hat, wird sich darüber nicht wundern können.

Alsdann kommt Herr Neugschwender auf die Brückentheorie von mir zu sprechen. Er beginnt so: „Nun aber werden diese Brücken durch elektrische Wellen zerstört, wie Herr Marx selber zugiebt (muss heissen: beobachtet hat). Wie geschieht diese Neubildung dieser so wichtigen Fäden? Durch das Puppenspiel . . . .? Durch Kondensation . . . .? Einmal wird sich dieses Silber nicht mehr metallisch, sondern voraussichtlich oxydiert niederschlagen, und damit keinen Strom mehr leiten, und dann in Flächenform, nicht in Bäumchen oder Fädenform erfolgen. . . . . ."

Auf diese Einwände ist folgendes zu erwidern. Dass ein solches Entstehen und Vergehen von Brücken in einem Silberspalt, der sich im Exsikkator befindet, wirklich erfolgt, ist eine Thatsache, die beobachtbar ist.

Dass sie durch das Puppenspiel erfolge, habe ich umsoweniger behauptet, als ich ausdrücklich hervorhob, dass nur bei grösseren E. M. K., die ich bei der Bestrahlungsanordnung vermied, ein elektrisches Puppenspiel auftritt. Es bleibt also die Kondensation. Hier behauptet zunächst

1) E. Marx, Diese Zeitschrift **2**, 249, 1901.

1) Vgl. z. B. Grimm, Dissertation Leipzig 1901; Drude, Annalen **5**, 448, 1901.

Herr Neugschwender, dass das Silber sich voraussichtlich oxydiert niederschlagen müsse und infolgedessen nicht leiten könne.

Diese Behauptung ist nicht richtig; selbst Silberoxyd reduziert sich beim Erhitzen zu Silber, wie aus jeden Leitfaden der Chemie ersichtlich; auch wäre an ein längere Zeit andauerndes Funktionieren eines Righischen Spaltes gar nicht zu denken, wenn bei dem Funkenspiel im Spalte sich nichtleitendes Oxyd bilden würde.

Das verdampfte resp. zerstäubte Silber schlägt sich also nicht als Oxyd, sondern als metallisches Silber nieder.

Nun behauptet Herr Neugschwender, es könnten bei diesen Niederschlägen keine Silberfäden sich absetzen. Warum er gerade diese Form der Niederschlagsbildung für unmöglich hält, ist zwar unverständlich, aber auch unwesentlich. — Wenn ein Silberfaden zerstäubt und das zerstäubte Silber nicht entweichen kann, da es durch den Celluloiddeckel, der den Spalt überdeckt, zurückgehalten wird, so muss es sich niederschlagen, wo Platz ist, also am Deckel oder zwischen diesem und dem Silberbelag oder auf dem Silberbelag. Unter einer grösseren Anzahl hergestellter Spalte werden sich solche finden, bei denen das Verschwinden der Brücken bei der Bestrahlung und das Neuentstehen bei Aufhören derselben so geschieht, dass annähernd konstanter Strom und Stromrückgang eintritt; dass überhaupt wieder Überbrückungen entstehen, ist der Enge des Spaltes und des ganzen Raumes zwischen Silberbelag und Deckel zu danken.

Hierbei ist zu bemerken, dass unter einer grossen Anzahl von Antikohärern sich immer nur wenige befinden, die sich dauernd annähernd konstant verhalten, dass sich aber unter diesen solche finden, die während täglichen stundenlangen Telegraphierens diese Eigenschaft unverändert zeigten. Freilich liegt es in der Natur der Erscheinung, dass ein solcher fritterartiger Kontakt nur bis zu einer gewissen Funktionssicherheit gebracht werden kann, und dass sich weder eine absolute Sicherheit gegen plötzliches Versagen, noch ein ganz bestimmter Weg angeben lässt, wie es sich vermeiden liesse, dass unter vielen auf gleiche Weise hergestellten Spalten nur wenige brauchbar sind. Jedenfalls aber erscheint es kaum möglich, für einen feuchten Spalt eine auch nur annähernd gleiche Lebensdauer zu erreichen.

Soweit bespricht Herr Neugschwender die von mir beschriebenen Antikohärererscheinungen. Ich komme jetzt auf eine Erscheinung, die er zu besprechen unterlässt, die aber geradezu ein Experimentum crucis gegen seine Auffassung bildet.

Ich zeigte nämlich,[1]) dass eine etwa $^1/_{10}$ mm breite, etwa $1\,^1/_2$ cm lange Silberüberbrückung, die aus einem Spiegel herausgearbeitet wurde, als Antikohärer funktioniert. Dass ein solcher Antikohärer seine Funktion einem elektrolytischen Vorgange verdankt, ist vollständig ausgeschlossen. Trotzdem aber giebt ein solcher Streifen den Rhythmus des Unterbrechers u. s. w. im Telephon vollständig wieder. Vielleicht wäre bei meiner ersten Beschreibung der ausdrückliche Hinweis angebracht gewesen, dass vollständige Schmelzungen in diesem speziellen Falle nicht zu erwarten sind. Bei der verhältnismässig grossen Breite und Dicke der Brücke ist nämlich, wie sich leicht ausrechnen lässt, ein Ansteigen der Jouleschen Wärme bis zum Schmelzpunkt des Silbers nicht möglich, während solche Schmelzungen bei den ausserordentlich feinen Silberteilchen, die meist erst bei der Bestreichung mit Celluloid in den Spalt gelangen, sowohl theoretisch möglich als experimentell beobachtbar sind. Hier versagt nicht die Brücken-, wohl aber die Schmelzungstheorie. Die Antikohärerwirkung, die im Telephon wahrnehmbar ist, ist hier infolge der Erwärmung der Brücke verursacht. Wir haben hier also ein Bolometer, und es ist wohl möglich, dass ein Teil der Antikohärerwirkung nicht vollständigen Schmelzungen, sondern der Bolometerwirkung zuzuschreiben ist.

In der Methode, ausserordentlich feine Bolometer von nur etwa $^1/_{1000}$ mm Dicke herzustellen, die wir Lummer und Kurlbaum verdanken, scheint mir demnach auch der Weg zu liegen, einen als Antikohärer wirkenden Wellendetektor von grösserer Funktionssicherheit herzustellen, als die bisherigen. Dass schon allein durch die Herstellung eines Antikohärers, der nur aus einer Silberüberbrückung besteht, gezeigt ist, dass trockene Antikohärer existieren, wird auch Herr Neugschwender zugeben müssen. Bei hinreichender Verdünnung der Brücke kann natürlich auch ein Schmelzen des Silbers eintreten, so dass also meine Erklärung für das Zustandekommen der Antikohärererscheinung in trockenen Spalten nichts Unmögliches enthält.

Somit scheint mir nach wie vor bewiesen, dass es sich bei dem Schäferschen Antikohärer um eine Erscheinung handelt, die von der bei der Neugschwenderschen wirksamen durchaus verschieden ist.

1) l. c. S. 253.

Leipzig, Phys. Institut der Universität.

(Eingegangen 18. Juni 1901.)

## Über eine Bemerkung des Herrn O. Lummer zur Strahlung schwarzer Körper.

Von W. Michelson.

In seinem „Rapport sur le rayonnement des corps noirs“, welcher dem internationalen physikalischen Kongress in Paris vorgelegt wurde, sagt Herr Lummer[1]), ich hätte bei der Prüfung meiner theoretischen Formeln den „Fehler“ begangen, die prismatischen Kurven von Langley statt der normalen anzuwenden. Diese Behauptung kann offenbar so verstanden werden, ich hätte einfach die prismatischen Spektralkurven mit den normalen verwechselt. Dass jedoch eine derartige Zumutung gänzlich unbegründet ist, davon kann sich leicht jeder überzeugen, der meine von Herrn Lummer analysierte Arbeit[2]) in die Hand nimmt.

Sowohl zur Berechnung der Konstanten $B$ und $c$ meiner Formeln, wie zur unmittelbaren Vergleichung der Kurvenform benutzte ich ausdrücklich die Langleyschen Normalkurven. In meiner zweiten russischen Abhandlung[3]) sind sogar meine theoretische und die Langleysche Normalkurve auf einer Zeichnung aufgetragen.

Wenn aber diejenigen vier Spektralkurven, aus welchen ich die Verschiebung des Energiemaximums zu bestimmen versuchte, sich nicht wesentlich von den prismatischen Kurven unterscheiden, so liegt dies daran, das damals (im Jahre 1887) das Dispersionsgesetz des Steinsalzes im Infrarot noch unbekannt war, und nach den eben veröffentlichten Langleyschen Beobachtungen es allgemein angenommen wurde, die Dispersionskurve des Steinsalzes verlaufe im Infrarot fast vollkommen geradlinig.[4]) Die von mir betrachteten vier Kurven fallen fast in ihrer ganzen Ausdehnung in das Gebiet, für welches Langley den geradlinigen Verlauf der Dispersionskurve annahm. Bei dieser Annahme äussert sich aber der Übergang von der prismatischen Kurve zur normalen nur in einer Massstabsänderung. Weder die Form der Kurve noch die Lage des Maximums werden geändert. Ich habe diese Bemerkung in der französischen und englischen Ausgabe meiner Arbeit nicht ausdrücklich ausgesprochen, weil ich sie für selbstverständlich hielt.

Dass heutzutage, nach den bewunderungswürdigen Untersuchungen von Paschen und Rubens, welche im Jahre 1894 die Dispersionskurve des Steinsalzes festlegten, der Übergang zum Normalspektrum anders ausgeführt werden muss, und dass die von mir 1887 veröffentlichten Zahlen und Formeln einer Abänderung bedürfen, ist natürlich einleuchtend. Ich sah mich aber nicht veranlasst, eine derartige Abänderung zu veröffentlichen, weil dieses Untersuchungsgebiet inzwischen eine erfolgreiche weitere Bearbeitung durch die Herren W. Wien, Planck u. a. erfahren hat, und insbesondere weil ein genauerer Vergleich zwischen den Langleyschen und den theoretischen Kurven seit „der Verwirklichung des schwarzen Körpers“ fast jegliches Interesse eingebüsst hat.

Jedenfalls aber war die Ungenauigkeit der von mir angeführten Zahlen nicht das Ergebnis eines „Fehlers“, wie sich Herr Lummer ausdrückt, sondern eine unvermeidliche Folge unserer damaligen unvollkommenen Kenntnisse.

Moskau, den 16. Mai 1901.

(Eingegangen 4. Juni 1901.)

1) Rapports, **2**, 67; Vergl. auch Paschen, Wied. Ann. **58**, 458, 1896.

2) W. Michelson, Journ. de la Soc. Ph.-Chim. russe **19**, 79, 1887; Journal de Physique (2), **6**, 467—479; Phil. Mag. **25**, 425—435.

3) W. Michelson, Journ. de la Soc. Ph.-Chim. russe, **21**, 97, 1889.

4) Vergl. z. B. Rubens, „Le spectre infra-rouge“ in Rapports, **2**, 151.

## Die Dispersion Jenaer Gläser im ultravioletten Strahlengebiet.

(Auszug aus der Inaug.-Dissertat. Jena 1901.)

Von H. Trommsdorff.

Im Jahre 1894 hat H. Th. Simon[1]) für eine Reihe von Flüssigkeiten und andere Substanzen die Dispersion ultravioletter Strahlen untersucht. Eine Vermehrung dieses Materials, besonders der optischen Glasschmelzen, erschien wünschenswert. Daher sind in der vorliegenden Arbeit weitere 13 Jenaer Gläser, dazu die Dispersion des amorphen Quarzes im ultravioletten Strahlengebiete untersucht.

Den Messungen sind die Erfahrungen von Simon zu Grunde gelegt. In dankenswerter Weise hatte Herr Simon die zu seiner Arbeit benutzten Quarz-Flussspat-Objektive für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Das sichtbare Spektrum wurde nach der Abbeschen Methode des in sich zurückkehrenden Strahles gemessen und zwar die einzelnen Spektrallinien durch Differenzenmessung. Der ultraviolette Teil des Spektrums wurde mit Hilfe des Kollimators nach der Methode der senkrechten Incidenz photographiert. Die Entfernung der Spektrallinien wurde auf der Platte mit dem Komparator ausgemessen und in die entsprechenden Bögen umgerechnet. Die um-

1) H. Th. Simon, Über Dispersion ultravioletter Strahlen. Inaug.-Diss. Berlin 1894. Ein Auszug der Arbeit findet sich in Wied. Ann. **53**, 542. 1894; hierbei möge bemerkt werden, dass in dem Register der Annalen diese Arbeit nicht verzeichnet ist.

gerechneten Bögen entsprechen den direkt gemessenen vollständig. Somit können die photographisch gemessenen Linien an die direkt gemessenen durch Differenzenvergleichung angeschlossen werden.

Wie schon erwähnt, wurde zur Messung des ultravioletten Gebietes die Photographie benutzt. Für gut durchlässige Körper könnte die Fluoreszenzmethode wohl als gleichwertig gelten, nicht aber für Gläser. Dieselben geraten infolge ihrer relativ frühen Absorptionsgrenze selbst so stark in Fluoreszenz, dass das ganze Gesichtsfeld des Fernrohrs hell erleuchtet ist und auch die intensiveren Linien nicht wahrgenommen werden können. Somit ist wegen der Eigenfluoreszenz der Gläser bei ihnen die Verwendung der Fluoreszenzmethode ausgeschlossen.

Die Messungen sind auf einem Abbeschen Spektrometer aus der Werkstätte von C. Zeiss ausgeführt. Dasselbe war eigens in folgender Weise für diese Messungen abgeändert worden. Der Verschlusskopf des Kollimators ist durch einen Spaltkopf ersetzt, der ausser der gewöhnlichen Vorrichtung zur Erweiterung und Verengung eine Verlängerung und Verkürzung symmetrisch zur Mitte des Spaltes gestattet, so dass die Höhe des Spaltbildes beliebig verändert werden kann. Zudem ist eine Vorrichtung angebracht, die ermöglicht, das Kollimatorrohr selbst als Fernrohr zu verwenden. Durch einen Hebelarm lässt sich ein kleiner Spiegel vor den Spalt vorschlagen, der den Spalt genau bis zur Mitte verdeckt und zur Autokollimation dient. Nachdem eine Lupe an den Verschlusskopf geschraubt ist, beobachtet man nach der Methode des in sich zurückkehrenden Strahles und kann so alle Justierungen und Einstellungen mit dem Kollimator selbst vornehmen, was für die Einstellung zur senkrechten Incidenz sehr angenehm ist. Wurde der Kollimator zu seinem eigentlichen Zweck verwendet, so wurde ein Quarz-Kondensor vor den Spalt gestellt, um diesen genügend mit Licht zu füllen.

Die Photographien wurden mit einem Apparat gemacht, der an die Stelle des Fernrohrs in den Träger desselben eingehängt wird. Der Apparat ist ein Fernrohr, bei dem an Stelle des Occularkopfes eine Kassettenführung angebracht ist. Die Kassette läuft in dieser Führung durch Mikrometerbetrieb. An der Kassette längs des Plattenlagers befindet sich eine Millimeter-Teilung und entsprechend an der Kassettenführung in der Höhe der rechteckigen Kameraöffnung eine Marke, so dass die jeweilige Lage der Platte vor der Kameraöffnung genau abzulesen ist. Durch diese Vorrichtung kann man die Zahl der Aufnahmen auf einer Platte beliebig variieren. Das Plattenlager ist für die Plattengrösse $4{,}2 \times 4{,}2$ cm$^2$ eingerichtet. Über dem Kassettenlager ist eine Fluoreszenz-Scheibe in der Ebene der Platte angebracht, auf der mit Hilfe einer vorschlagbaren Lupe alle Orientierungen im Spektrum vorgenommen werden können.

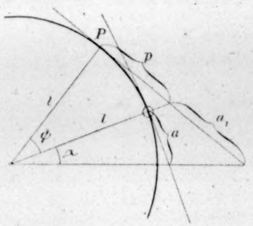
Als Platten wurden die von Schleusner und die Berolina-Kupferdruckplatte 4 von J. Gebhard-Berlin benutzt.

Als Lichtquelle wurde das Funkenspektrum benutzt und als Elektroden, Cadmium, Zink und Aluminium.

Die Umrechnung der auf der Platte mit dem Komparator gemessenen Abstände der Spektrallinien in die entsprechenden Bögen geschieht durch die Beziehung

$$tg\, \alpha = \frac{a}{l},$$

wo $l$ die Brennweite des Objektivs, $a$ die Entfernung der Spektrallinie vom Fusspunkt des Berührungsradius und $\alpha$ der Winkel ist, um den die Spektrallinie gedreht werden muss, um in die Fernrohrachse gebracht zu werden. Die Platte ist also als Tangentialebene im Brennpunkt an eine Kugel mit der Brennweite als Radius anzusehen. Praktisch lässt sich dieser Berührungspunkt, auf den die Umrechnung der gemessenen Entfernung der Spektrallinien bezogen werden muss, nie genau feststellen. Man kann ihn durch eine Nullmarke vor der Mitte der Platte mit einer gewissen Willkürlichkeit angeben. Dabei gelten folgende Beziehungen.




Möge der als Ausgangspunkt gewählte Punkt $P$ gegen den wahren Berührungspunkt $O$ um $\psi$ gedreht sein, so wird die Entfernung $a$ zweier Spektrallinien in $a_1$ übergehen. Dann besteht zwischen $a$ und $a_1$ folgende Beziehung:

$$a_1 = a \frac{\cos a}{\cos(\alpha + \psi) \cos \psi}$$

oder

$$a_1 = a \frac{1 + \left(\frac{p}{b}\right)^2}{1 - \frac{a \cdot p}{b^2}},$$

wo $p = l \cdot tg\, \psi$ ist.

Für kleine Verschiebungen des Nullpunktes bleiben die Entfernungen zweier Spektrallinien auf der Platte in erster Annäherung ungeändert. Ferner, da $l$ gegen $a$ und $p$ stets gross ist, wird bei bestimmtem $p$ erst mit wachsendem $a$ der Einfluss des Fehlers Geltung gewinnen. Somit besteht in der Wahl des Nullpunktes bei der Umrechnung der $a$ in die entsprechenden Bögen eine gewisse Freiheit. Dies deckt sich mit den Erfahrungen.

In vier Tabellen sind die Brechungsexponenten der Gläser, des amorphen und krystallinischen Quarzes angegeben. Die Brechungsexponenten stimmen beim krystallinischen Quarz gut mit den Werten von Simon und Sarasin überein. Eine grössere Abweichung von 12 bezüglich 18 Einheiten der fünften Dezimale für $\lambda = 328{,}36\ \mu\mu$ (Trommsdorff 1,57082; Simon 1,57095; Sarasin 1,57100) erklärt sich dadurch, dass diese von Mascart mit $Cd_{12}$ bezeichnete Linie eine Doppellinie ist. Die Werte vom amorphen Quarz sind bis $Al_{32}$ ($\lambda = 186{,}22\ \mu\mu$) angegeben; es wird den Werten von ($\lambda = 202{,}55\ \mu\mu$) $Zn_{29}$ bis $Al_{32}$ nicht gleiches Gewicht erteilt, da diese Linien wegen ihrer Lichtschwäche schwerer auszumessen waren. Es dürfte von Interesse sein, einige der Werte anzugeben:

| | $\lambda$ | $u$ | | $\lambda$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_\alpha$ | 656,30 $\mu\mu$ | 1,45640 | $Cd_{23}$ | 231,30 $\mu\mu$ | 1,51954 |
| $D$ | 589,03 „ | 1,45843 | $Cd_{25}$ | 219,47 „ | 1,52911 |
| $Cd_5$ [1]) | 480,01 „ | 1,46357 | $Cd_{26}$ | 214,45 „ | 1,53386 |
| $Cd_7$ | 441,59 „ | 1,46630 | $Zn_{27}$ | 210,01 „ | 1,53857 |
| $Cd_9$ | 361,19 „ | 1,47503 | $Zn_{28}$ | 206,21 „ | 1,54269 |
| $Cd_{11}$ | 340,37 „ | 1,47877 | $Al_{30}$ | 198,99 „ | 1,55204 |
| $Cd_{12}$ | 328,36 „ | 1,48183 | $Al_{32}$ | 186,22 „ | 1,57268 |
| $Cd_{17}$ | 274,87 „ | 1,49634 | | | |

Um die Werte der Brechungsexponenten in eine übersichtliche für Vergleiche geeignete Form zu bringen, ist in 3 weiteren Tabellen der Versuch gemacht, die von Abbe eingeführte Charakteristik der optischen Gläser auf das ultraviolette Gebiet zu erweitern. Zu diesem Zwecke sind den partiellen Dispersionen $C$ bis $D$, $D$ bis $F$, $F$ bis $G'$ weitere passende Intervalle im Ultraviolett zugefügt worden, und zwar neben $F$ bis $G$, $F$ bis $Cd_7$ und neben $G$ bis $Cd_8$, $Cd_7$ bis $Cd_8$, sodann $Cd_8$ bis $Cd_9$, $Cd_9$ bis $Cd_{11}$, $Cd_{11}$ bis $Cd_{12}$, $Cd_{12}$ bis $Cd_{17}$, $Cd_{17}$ bis $Cd_{24}$ und $Cd_{24}$ bis $Al_{32}$. Ebenso sind die dem sichtbaren Spektrum entsprechenden Konstanten gebildet worden.

Eine in anderer Weise übersichtliche und für Vergleiche geeignete Darstellung des Dispersionsverlaufes ist in einer am Schluss befindlichen Tafel beigegeben. In derselben sind die Differenzen der Brechungsexponenten nach beiden Seiten von $Cd_5$ aus eingetragen, so dass nur der Dispersionsverlauf, nicht aber die Grösse der Brechungsexponenten zum Ausdruck kommt.

Der Dispersionsverlauf entspricht den bekannten Erfahrungen. Gläser mit hohen Brechungsexponenten zeigen im allgemeinen eine hohe Dispersion. Jedoch lässt sich aus den Werten keine allgemeine Beziehung für das Verhältnis der einzelnen Teile des Spektrums zu einander aufstellen.

Brechung und Dispersion des amorphen und krystallinischen Quarzes weichen erheblich voneinander ab. Der Brechungsexponent der amorphen Modifikation ist geringer als der der krystallinischen. Für die $D$-Linie ist die Differenz nahezu 0,1. Dieser Wert bleibt bis ins Ultraviolett nahezu derselbe.

Bei allen Gläsern ist die Grenze der Absorption bestimmt. Diese Grenze ist qualitativ, d. h. ohne Angabe der Dicke der durchstrahlten Schicht angegeben. Trotzdem bleibt auffallend, dass für alle diese Gläser die Absorption vor 300 $\mu\mu$ einsetzt.

Jena, Physikalisches Institut. Juni 1901.

(Eingegangen 10. Juni 1901.)

1) $Cd_5$, $Cd_6$ u. s. w. Bezeichnungen nach Mascart.

# ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

## Kugel- und Flammenblitze als besondere Entladungsformen der atmosphärischen Elektrizität.

Von N. A. Hesehus (St. Petersburg).

Im folgenden möge die Frage nach dem Wesen und Ursprung des Kugelblitzes mit der Frage zusammengestellt werden, unter welchen Bedingungen ein Verbrennen des atmosphärischen Stickstoffes erfolgt. Zu diesem Zwecke sei daran erinnert, was seitens der Beobachter über die Form, Farbe, Dauer und Bewegungen des Kugelblitzes, die dabei auftretenden Explosionen und den gleichzeitig wahrnehmbaren Geruch berichtet wird. Fast alle Beobachter bezeichnen die betreffende Erscheinung als eine feurige Kugel, deren Grösse gleich der scheinbaren Grösse des Vollmondes, eines Kinderkopfes, einer geballten Faust, einer Apfelsine bis zur Eigrösse herab angegeben wird. Von einigen Seiten wird die Form als oval bezeichnet. Nicht selten tritt auch gleichzeitig eine Flamme auf. Den

Kugelblitz begleitet häufig ein scharfer, schwefelartiger Geruch. Unter zahlreichen Beschreibungen habe ich als Maximaldauer der Erscheinung 3 Minuten angegeben gefunden, meist aber nur einige wenige bis zu 10 Sekunden. Es wäre übrigens auch kaum vorstellbar, dass der Verbrennungsprozess des Stickstoffes in der Atmosphäre länger dauern sollte. Die Farbe der feurigen Kugeln ist nach den Beschreibungen der Beobachter äusserst wechselvoll. Hier ist die Rede bald von einer hellen Kugel, einer roten Flamme, verschiedenfarbigen Funken, einem hellen Feuer von teils weisser, teils blauer Färbung, von einem rotgelben Lichte u. s. w. Du Moncel hat bei seinen Versuchen an Funken über einer Wasseroberfläche Sphäroide von rötlicher Farbe erhalten. Die Flamme des brennenden Stickstoffes ist unter gewöhnlichen Verhältnissen zwischen Drahtelektroden im unteren Teile weiss, im oberen gelblich und bisweilen bläulich. Was die beobachteten Bewegungen der feurigen Kugeln anbelangt, so sind dieselben ziemlich langsam, so dass man sie bequem verfolgen kann. Ferner wird erwähnt, dass sie Drehungen, Schwingungen ausführen, von Diele oder Wand „ähnlich einem Gummiball" abprallen, aus den Wolken zur Erde niederfallen, durch den Schornstein hindurch in ein Zimmer gelangen. Alle diese Bewegungen können einfach durch Bewegung der Luft selbst erklärt werden. Übergehend zu den Schallphänomenen sei erwähnt, dass, obgleich die feurigen Kugeln meist während eines Gewitters auftreten, sie doch nicht immer von Explosionen oder Donnerschlägen begleitet werden. Gewöhnlich ist nur ein gewisses Knistern zu hören, bisweilen auch ein pfeifendes Geräusch. Hier scheint also die eine Erscheinung mit der anderen in keinem Zusammenhange zu stehen. Auch sind viele Beispiele dafür vorhanden, dass die Feuerkugeln ohne jegliches Geräusch auftraten und verschwanden. Um den Stickstoff der Luft unter Bedingungen, wie sie in der Natur vorkommen, verbrennen lassen zu können, stellte ich in Gemeinschaft mit Herrn N. Georgiewski eine Reihe von Beobachtungen an. Mit Hilfe eines Transformators konnte eine Spannung des Wechselstromes von 10000 Volt erreicht werden. Eine der Elektroden stand mit einer Wasserfläche in Verbindung, die andere mit einem Drahte oder einer horizontalen Kupferplatte, die von der Wasserfläche 2 bis 4 cm entfernt war. Es wurden hierbei bemerkenswert schöne und wechselvolle Lichterscheinungen erzielt. Von irgend einer Stelle der Kupferplatte ging ein Strahlenbündel aus, umgeben von einer lichten Hülle und Flamme, deren Gestalt bald kegelförmig, bald oval oder kugelförmig war. Ihre Farbe wechselte im Zusammenhange mit der Stromspannung zwischen rötlich und gelblich einerseits, bläulich, violett und weiss andererseits. Die einzelnen Teile der Lichtgarbe erschienen dabei stets verschieden gefärbt. Was bei der Erscheinung am bemerkenswertesten war, das war die grosse Beweglichkeit des feurigen Sphäroides, es rückte nicht nur beim leisesten Hauche von einem Rande der Platte zum anderen hin, sondern blieb auch überhaupt nie an derselben Stelle. Während es sich hin und her bewegte, war ein besonderes knisterndes Geräusch zu vernehmen, nicht selten zerfiel das Sphäroid in mehrere Teile, die sich sodann wieder vereinigten. Bedeckte man die Flamme mit einem Rezipienten, so verbreitete sich ein scharfer Geruch, während sich unter dem Rezipienten sogleich die braunen Dämpfe der salpetrigen Säure anzusammeln begannen. Nach Obigem erstreckt sich die Ähnlichkeit des Kugelblitzes mit der beobachteten Entladungsform, bei welcher eine Flamme brennenden Stickstoffes auftritt, wohl bis in alle Einzelheiten. In Ergänzung zu den im vorhergehenden beschriebenen Versuchen mit einem Funkeninduktor, sowie einem transformierten Dynamowechselstrom, wurde in der Folge eine Reihe von Versuchen mit Hilfe eines Wehneltschen Unterbrechers ausgeführt. Als Elektroden wurden solche aus Metall gewählt, ferner zwei angefeuchtete Schwämme, ein Schwamm und eine Wasserfläche oder endlich zwei Wassersäulen. In allen Fällen war es durch entsprechende Änderungen der Unterbrechungszahl, resp. des Widerstandes im primären Kreise möglich, die Bedingungen sowohl für gewöhnliche linienförmige Funken, als auch für Entladungen in Flammenform oder derjenigen einer Feuerkugel herzustellen. Die letztgenannte Entladungsform trat insbesondere deutlich zwischen einer Spitze und einer Wasserfläche auf, wenn die Entfernung zwischen ihnen eine relativ geringe war. Wurde der Elektrodenabstand allmählich vergrössert, so nahm die Entladung zunächst Flammenform und sodann die Gestalt linienförmiger Funken an. Bei noch weitergehender Vergrösserung des Elektrodenabstandes trat bereits stille Entladung auf, doch setzten die Funken wieder ein, sobald ein erwärmter Luftstrom zwischen den Elektroden hervorgerufen wurde. Liess man von den Elektroden aus zwei vertikale Säulen einer schwachen Salzwasserlösung aufsteigen, so traten zwischen denselben sowohl Funken, als auch die Stickstoffflamme auf; letztere stieg bis auf den höchsten Punkt der Strahlen und senkte sich bisweilen zugleich mit denselben ein wenig. Wurde nur eine der Säulen mit dem Strome verbunden, so leuchtete dieselbe auf der Strecke, auf welcher sie in einzelne Tropfen zerfiel, in hellem Lichte und hatte das Aussehen eines leuchtenden Rosenkranzes. Bei diesem Versuche hat man es mit einer dem sogenannten Rosen-

kranzblitz ähnlichen Erscheinung zu thun. Während indess der Rosenkranzblitz durch Entladungen zwischen einander zunächst liegenden, leitenden Massen von kondensiertem Wasserdampfe zustande kommt, trat hier die Erscheinung durch Entladungen zwischen den einzelnen Tropfen des Wasserstrahles auf.

Es wurde auch der Versuch gemacht, zwischen zwei Wasserdampfstrahlen Funken überspringen zu lassen, doch ohne Erfolg, da der Widerstand zu gross war. Dieser Versuch führte jedoch zu einem anderen interessanten Resultate: Form und Aussehen der Dampfstrahlen änderten sich bei der Elektrisierung in augenfälliger Weise. Der Dampf wurde dichter, nahm eine dunklere braunbläuliche Färbung an und ballte sich zu Flocken zusammen, dabei schien er sich in wirbelnder Bewegung zu befinden und erinnerte in seinem Aussehen an das einer Gewitterwolke.

Elektrische Entladungen in Form feuriger Sphäroide sind experimentell nachgewiesen und studiert worden von einer ganzen Reihe von Gelehrten (Du Moncel, Planté, Righi, Piltschikow, Leduc, Indrikson u. a.) Im vorliegenden Aufsatze sei auf die Bedingungen verwiesen, unter denen sich die verschiedenen hierher gehörigen Entladungsformen darstellen. Welcher Art auch die Elektroden sind, bei allmählichem Entfernen derselben voneinander tritt zuerst ein feuriges Sphäroid auf; darauf reckt sich dies Sphäroid in die Länge, nimmt die Gestalt eines feurigen Drachens an, der sich nach verschiedenen Seiten ausbiegt und von einer Flamme umgeben ist. Wird die Entladungsstrecke noch mehr vergrössert, so verschwindet die Flamme, es treten Funken auf, darauf die stille Entladung u. s. w. Die umgekehrte Reihenfolge beobachtet man bei Annäherung der Elektroden. Natürlich kann man bei der gleichen Elektrodendistanz auch verschiedene Entladungsformen erhalten, je nachdem man die elektromotorische Kraft der Kette, den Widerstand des Stromkreises und die Unterbrechungszahl ändert, die Reihenfolge der Übergänge bleibt aber dieselbe. — Somit kann man die flammenförmige Entladung als Übergangsstufe zwischen den sphärischen und linienförmigen ansehen; nebenbei bemerkenswert sei, dass die flammenförmige Entladungsform auf einer photographischen Platte keine Spuren hinterlässt.

Denken wir uns, wir hätten unter gegebenen Umständen eine kugel- oder flammenförmige Entladung erhalten. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, dass bei Annäherung der Elektroden bis zur Berührung diese Entladung alsdann geräuschlos und spurlos verschwindet. Entfernen sich dagegen die Elektroden allmählich voneinander, so verschwindet die kugel- oder flammenförmige Entladung mit einem Knall oder Detonation, da sie sich in einen gewöhnlichen elektrischen Funken verwandelt hat. Aus den Beschreibungen der in der Natur vorkommenden Erscheinungen wissen wir, dass der Kugelblitz in der That bisweilen ebenso plötzlich und unbemerkt verschwindet, als er aufgetreten ist, bisweilen jedoch mit einem Donnerschlage endet.

Wird die Elektrodendistanz allmählich so weit gesteigert, dass keine Funken mehr überspringen können, so kann man dieselben durch einen Strom von (etwa mit einem Bunsenbrenner) erwärmter Luft von neuem hervorrufen. Die Erwärmung begünstigt die Ionenbildung und erhöht die Leitfähigkeit der Luft. Infolgedessen erhöht sich in kälteren Luftschichten der elektrische Gradient und erfolgt Entladung. Offenbar können Strömungen und Schichten wärmerer Luft in der Atmosphäre eben solche Wirkungen hervorrufen. Als passendes Beispiel hierzu können die überaus interessanten Beobachtungen dienen, welche am 21. September 1899 von den Herren Kusnezow und Sawinow in Pawlowsk mit Papierdrachen angestellt worden sind. Der Thermograph zeigte hierbei an, dass der Drachen während des Aufstieges zunächst bei heiterem Himmel durch wärmere Luftschichten hindurch gelangte, bald darauf aber bildeten sich Wolken, es traten Donnerschläge auf und strömender Regen ging nieder. Beim Abstieg des Drachens zeigte der Thermograph bereits eine regelmässige allmähliche Temperaturänderung. Die Schichten mit erwärmter Luft vergrössern indess, wie wir gesehen haben, den elektrischen Gradienten in den angrenzenden kälteren Luftschichten und begünstigen das Zustandekommen einer elektrischen Entladung, des Blitzes, während die Zunahme der Potentialdifferenz oder die vermehrte Elektrisierung ihrerseits eine stärkere Verdichtung des Dampfes und Bildung von Gewitterwolken hervorruft.

(Zusammengestellt nach Veröffentlichungen in den Nachrichten des St. Petersburger Technologischen Instituts pro 1898, 99 und 1901.)

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

# REFERATE.

## Instrumentenkunde.

Besorgt von Privatdozent Dr. **W. Kaufmann.**

### Laboratoriums-Apparat zur Herstellung flüssiger Luft nach dem Lindeschen Verfahren.

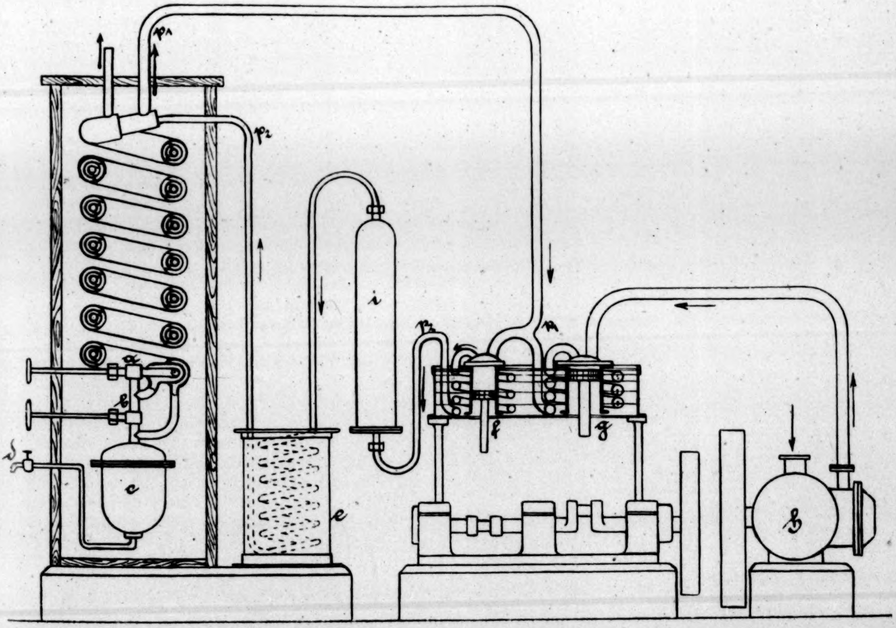
Die Wirkung des Lindeschen Apparates zur Verflüssigung von Luft und anderen Gasen (D. R.-P. 88844) beruht bekanntlich auf der Abkühlung, welche ein Gas beim Ausströmen von einem höheren auf einen niederen Druck infolge Leistung innerer Arbeit erleidet. Da diese Abkühlung für Luft bei gewöhnlicher Temperatur nur ca. $\frac{1}{4}{}^0$ C. pro Atm. Druckdifferenz beträgt, so ist dieselbe selbst bei grossen Druckdifferenzen viel zu klein, um eine Verflüssigung der Luft herbeizuführen, die bei atmosphärischem Druck erst bei $-191^0$ C., dem Siedepunkte der flüssigen Luft, stattfindet.

Dem Lindeschen Apparate liegt daher das Gegenstrom-Prinzip zu Grunde, indem die Wirkungen beliebig vieler Expansionen derart vereinigt werden, dass jede vorhergehende Ausströmung zur Vorkühlung der Luft vor der nachfolgenden dient.

Den Hauptbestandteil des Apparates bildet zu diesem Zweck eine Doppelspirale aus zwei ineinander befindlichen Röhren. Die komprimierte Luft durchfliesst das innere Rohr der senkrecht aufgestellten Doppelspirale von oben nach unten, strömt am unteren Ende durch ein Ventil auf niedrigeren Druck aus und kehrt dann in dem weiteren Rohr nach oben zurück, wobei sie die durch das innere Rohr fliessende komprimierte Luft vorkühlt.

Die Temperaturen vor und nach der Ausströmung sinken somit mehr und mehr, bis sich ein Teil der ausströmenden Luft verflüssigt. Da die Kälteleistung des Apparates von der Differenz der Drucke, die Kompressionsarbeit dagegen von dem Verhältnis derselben abhängt, so ist es vorteilhaft, keine Expansion bis auf Atmosphärendruck eintreten zu lassen. Bei der Lindeschen Maschine beträgt die Kompression 200 Atm. und erfolgt eine Expansion bis auf ca. 20—50 Atm. je nach der Grösse der Maschine.

Nur das zum Nachfüllen erforderliche kleine Luftquantum wird aus der Atmosphäre entnommen.



Vorstehende Figur zeigt schematisch die Lindesche Maschine und den zweizylindrigen Luftkompressor. Letzterer wird bei der kleinsten Type mittelst eines 3 HP. Elektromotors angetrieben.

Der Gegenstrom-Apparat besteht aus drei ineinander gesteckten, spiralig gewundenen Kupferröhren.

Die im inneren Rohre befindliche Luft von 200 Atm. expandiert durch das Ventil *a* auf 50 Atm. und wird von dem Hochdruckcylinder des mit Wassereinspritzung arbeitenden Hochdruckkompressors wieder auf einem Druck von 200 Atm. gebracht, um den Kreislauf von neuem zu beginnen. Bei den grösseren Anlagen (30—190 P. S.) ist ausser dem zweistufigen Hochdruckkompressor *f*, *g* noch ein trocken arbeitender Niederdruckkompressor *h* vorhanden, der die aus der Atmosphäre kontinuierlich in den Kreislauf nachzuliefernde Luftmenge ansaugt und auf 4 Atm. vorkomprimiert an den Niederdruckcylinder *g* des Hochdruckkompressors weiter giebt. Letzterer komprimiert auf 50 Atm., und mit diesem Druck wird die Luft gemeinsam mit der vom Gegenstromapparat kommenden, vom Hochdruckcylinder *f* angesaugt.

Bei den kleineren Anlagen kommt der Niederdruckkompressor *h* in Wegfall, indem hier der untere Druck auf 20 Atm. gehalten wird und der Niederdruckcylinder *g* dann das nachzuliefernde Luftquantum direkt aus der Atmosphäre ansaugt.

Damit der Druck konstant bleibt, muss die gleiche Luftmenge, welche von aussen aus der Atmosphäre in den Kreislauf eingeführt wird, an einer anderen Stelle den Apparat verlassen. Dies geschieht am unteren Ende des Gegenstromapparates nach der Expansion auf 20 resp. 50 Atm., indem dort durch ein Ventil *b* ein regulierbares Luftquantum auf 1 Atm. ausströmt. Ein Teil der letzteren wird hierbei nach etwa $1\frac{1}{2}$stündigem Arbeiten des Apparates flüssig und sammelt sich in der doppelwandigen Glasflasche *c*. Der bei der zweiten Expansion unverflüssigte Teil strömt durch die äusserste Spirale in die Atmosphäre aus. Die Isolierung des Gegenstromapparates gegen Wärmeaufnahme geschieht durch rohe Schafwolle, welche in den die Spirale umgebenden Holzmantel fest eingepresst wird. Die komprimierte Luft wird vor dem Eintritt in den Gegenstromapparat vorgekühlt. Diesem Zweck dient der Vorkühler *e*, in dem die komprimierte Luft mittelst Kältemischung auf ca. 15° C. abgekühlt wird.

Um eine Verstopfung der Spiralen durch Eisbildung des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes zu vermeiden, ist der Trockenapparat *i* angeordnet.

Ausser dem Apparat für 3 HP. werden solche bis zu 190 HP. von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, München, gebaut, deren Leistung im Beharrungszustande $^3/_4$ bis zu 100 l flüssiger Luft pro Stunde beträgt.

Die Temperaturmessungen werden mittelst Eisen-Konstantan-Thermoelementen und Galvanometern mit direkter Temperaturablesung von Keiser und Schmidt in Berlin, in einfacher und bequemer Weise ausgeführt. E. Ruhmer.

(Eingegangen 18. März 1901.)

## Physikalische Chemie.

Besorgt von Prof. Dr. G. C. Schmidt.

**Fürst Galitzin und J. Wilip, Untersuchungen über das Brechungsverhältnis des Äthyläthers in der Nähe des kritischen Punktes.** (Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg (5), **11**, 117—196, 1901.)

Die kritische Temperatur einer Flüssigkeit wird bekanntlich als diejenige Temperatur definiert, bei welcher die Dichte der Flüssigkeit der Dichte ihres gesättigten Dampfes gleich wird. Darauf beruht die am häufigsten zur Anwendung kommende optische Methode zur Bestimmung der kritischen Temperatur, welche darin besteht, dass man diejenige Temperatur notiert, bei welcher bei sehr langsamer Erwärmung die Trennungsfläche zwischen Flüssigkeit und Dampf des Meniskus verschwindet, resp. bei langsamer Abkühlung wieder erscheint. Das eintretende Unsichtbarwerden des Meniskus deutet auf eine Gleichheit des Brechungsvermögens des Dampfes und der Flüssigkeit in der unmittelbaren Nähe der Trennungsfläche hin, woraus auf eine Gleichheit der entsprechenden Dichten geschlossen wird. Wegen der Wichtigkeit dieser Frage für die ganze Lehre über den kritischen Zustand erschien es den Verfassern wünschenswert, die Brechungsindices der Flüssigkeit und ihres gesättigten Dampfes direkt zu messen, sowie auch die Änderung derselben mit der Temperatur in der Nähe des kritischen Punktes näher zu verfolgen.

Als Versuchsflüssigkeit diente absolut reiner Äthyläther, welcher gegen Erhitzung sehr beständig ist. Da von den Verfassern schon früher der Gang der Isothermen in der Nähe des kritischen Punktes sehr eingehend studiert, sowie auch die Änderungen der Dichte des flüssigen Äthers und ihres gesättigten Dampfes mit der Temperatur und auch der Einfluss kleiner Beimengungen fremder Körper auf die Isothermen untersucht worden sind, so sind die kritischen Elemente dieser Flüssigkeit sehr genau festgestellt und konnten direkt mit den neu gewonnenen Grössen verglichen werden.

Benutzt wurden zwei Methoden, die Linsen- und Prismenmethode. Die erste besteht in ihren Hauptzügen darin, dass das die zu unter-

suchende Flüssigkeit enthaltende Rohr selbst als Cylinderlinse benutzt wird und die Entfernung zweier paralleler, hinter der Linse sich befindender Linien nach Brechung der Lichtstrahlen in der Flüssigkeit, resp. Dampf gemessen wird. Aus der auf diese Weise ermittelten Vergrösserung beider optischer Systeme (Flüssigkeit und Dampf) lässt sich der Brechungsindex des zu untersuchenden Körpers in beiden Phasen leicht bestimmen. Die Anordnung war im wesentlichen die folgende: Ein ungefähr 10 cm langes, gut geschliffenes Rohr (von Geissler in Bonn) war an einem Ende in eine Spitze ausgezogen, um das Rohr nach Füllung mit Äther zuschmelzen zu können; mit dem anderen Ende war dasselbe an ein gewöhnliches langes Glasrohr angeschmolzen, welches mit dem Kompressionsapparat in Verbindung stand. Das ganze Röhrensystem wurde erhitzt, wobei ein neu konstruierter Thermostat, der mit einem elektromagnetischen Rührer versehen war, vorzügliche Dienste leistete. Die Versuche ergaben, dass man sich auch eines gewöhnlichen ungeschliffenen Rohres bedienen und trotzdem die kritische Temperatur bis auf $0{,}1^0$—$0{,}2^0$ C. genau ermitteln kann.

Das Prinzip der Prismenmethode besteht darin, dass ein kleines sehr spitzwinkliges Prisma im Innern des Versuchsrohres mit der zu untersuchenden Flüssigkeit mit einer Fläche parallel der Rohrwand aufgestellt und die Ablenkung eines schmalen, horizontalen Lichtbündels nach Durchgang desselben durch die Flüssigkeit, bez. durch den Dampf gemessen wird. Aus den gemessenen Ablenkungen lassen sich die entsprechenden Brechungsindices leicht ermitteln. Die Ablenkung zeigt die Figur ($n_1$, $n_2$, $n_3$ abso-

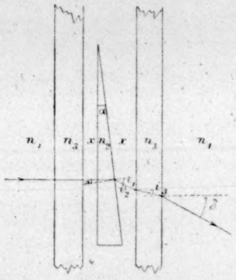



Fig. 1.

luter Brechungsindex der Luft, des Prismas bez. des Glases des Versuchsrohres, $\delta$ die gemessene Ablenkung). Die Kante des Prismas ist parallel der Rohrachse aufgestellt und lässt noch Raum übrig für den elektromagnetischen Rührer. Fällt nun ein schmales, horizontales Strahlenbündel, etwa von einem horizontal gestellten Kollimatorspalt, senkrecht auf das Rohr, so werden diejenigen Strahlen, welche das Prisma passieren, abgelenkt, während die übrigen geradlinig hindurchgehen. Die Strahlenablenkung $\delta$ hängt, wie unmittelbar aus der Figur hervorgeht, von dem Brechungsindex $x$ der eingeführten Flüssigkeit ab. Hat man $\delta$ bestimmt, so kann man umgekehrt daraus $x$ sowohl für die Flüssigkeit als auch für den gesättigten Dampf leicht berechnen.

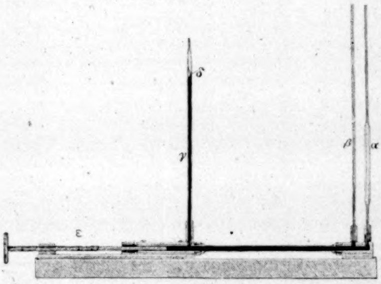



Fig. 2.

Die ganze Anordnung zeigt Fig. 2; hier ist $\varepsilon$ der Druckkolben, $\gamma$ das Versuchsrohr mit einem kleinen Rührer $\delta$, $\alpha$ und $\beta$ starkwandige Glasrohre die als Manometer dienten. Das Versuchsrohr $\gamma$ war mit Quecksilber und Äthyläther darüber gefüllt und von einen Hitzbade umgeben. Das Volum wurde mit einem Kathetometer abgelesen.

Die Übereinstimmung der mit Hilfe der Linsen- und Prismenmethoden sich ergebenden kritischen Temperaturen mit der aus dem Gang der Isothermen ist eine ausserordentlich befriedigende. Genaue Werte der kritischen Temperatur lassen sich jedoch nur gewinnen, wenn alle Schichten genau dieselbe Temperatur besitzen. Zu dem Zwecke ist es unbedingt nötig, über einen guten Thermostaten zu verfügen und während der Beobachtungen selber die verschiedenen Substanzschichten energisch durchzumischen. Versäumt man dies, so kann man aus der Thatsache des Verschwindens des Meniskus noch keineswegs auf die Gleichheit der Dichten in den verschiedenen Teilen des Versuchsrohres schliessen. Diese Bemerkung ist von Bedeutung für die Bestimmung der kritischen Elemente nach der gewöhnlichen optischen Methode (Kriterium des kritischen Zustandes — Verschwinden bez. Wiedererscheinen des Meniskus).

Werden die Schichten ordentlich durchge-

rührt, so kann man annehmen, dass der Brechungsexponent für dieselbe Phase in allen Schichten derselbe bleibt und unabhängig vom gesamten, von der Substanz eingenommenen Volum $v$ ist, wenn die Substanz unter dem Drucke der gesättigten Dämpfe steht. Der Brechungsexponent erweist sich nur als eine Funktion des gesamten Volums $v$ und ist vollständig unabhängig von der Temperatur, solange das Rohr mit einer homogenen Substanz gefüllt ist.

Die Lorentzsche Formel

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} v = \text{konst.}$$

stellt die Beziehung zwischen dem Brechungsexponenten und Volumen sehr gut dar und zwar in sehr weitem Temperaturbereich und zugleich für den flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand. Werden die Substanzschichten nicht durchgerührt, so kann man annehmen, dass wenige Grade unterhalb der kritischen Temperatur der Brechungsexponent für dieselbe Phase in den verschiedenen Schichten denselben Wert hat. Aber in der nächsten Nähe der kritischen Temperatur und oberhalb derselben werden die Werte des Brechungsexponenten in den unteren Schichten grösser, als in den oberen. Die Differenzen können zuweilen recht beträchtlich sein. Der mittlere Wert dieser Brechungsexponenten bei einer Temperatur, die höher als die kritische liegt, stimmt im allgemeinen sehr gut überein mit demjenigen Werte des Brechungsexponenten, welcher dem gesamten vom Stoff eingenommenen Volum entspricht. Es ergiebt sich also hieraus, dass auch oberhalb der kritischen Temperatur die Substanz unter Umständen verschiedene Dichten besitzen kann, und zwar bei derselben Temperatur und demselben Drucke. Die grössten Dichteänderungen finden in der Nähe der kritischen Temperatur statt (35 Prozent); etwa 3 Grad oberhalb derselben finden noch Änderungen von 23 Prozent statt und 5° oberhalb $T_k$ kommen auch Änderungen von 14 Prozent in der Dichte vor. Dieses Wachsen der Substanzdichte nach unten zu lässt sich nicht auf eine etwaige Ungleichheit der Temperatur, sowie auf die Wirkung der Schwere einzig und allein, noch auf das Vorhandensein von Luft zurückführen, wie die Verfasser durch eingehende Rechnungen nachweisen. Die beobachteten Differenzen in den Werten des Brechungsindex rühren vielmehr von einer Verzögerung in der Herstellung des kritischen Zustandes her. Es scheint, als ob bei Temperaturen, welche mehrere Grade oberhalb des kritischen Zustandes liegen, die flüssige Phase noch fortbestehen kann, wenn man nicht dafür sorgt, dass die verschiedenen Schichten ordentlich durcheinander gemischt werden, eine Erscheinung, welche der einer Verdampfungsverzögerung ganz analog ist. Die sprungweise Änderung der Dichte an derjenigen Stelle, wo der Meniskus beim Durchgang durch den kritischen Punkt verschwand, scheint die Richtigkeit dieser Annahme zu bestätigen. Bei Dichtigkeitsbestimmungen in der Nähe des kritischen Punktes, welche bekanntlich mit grossen Schwierigkeiten verknüpft sind, muss auf diese erwähnte Erscheinung unbedingt Rücksicht genommen werden.

Aus der Arbeit ergiebt sich somit, dass es bei allen Versuchen über den kritischen Zustand auf ein Durchrühren der Substanz ausserordentlich ankommt.

Zum Schlusse seien noch die kritischen Konstanten, wie sie nach der Prismen- und Linsenmethode beobachtet und aus den Isothermen berechnet worden sind, mitgeteilt. Da die Zahlen untereinander nur um geringe Grössen, z. B. in der Temperatur höchstens um 0,2° C., abweichen, so sind Mittelzahlen angegeben.

Kritisches Volum $v_k = 3{,}84$ ccm.
Kritischer Druck $p_k = 36{,}28$ Atm.
Kritische Temperatur $t_k = 193{,}6°$ C.
Brechungsindex für $\lambda = 0{,}00067$ mm
$x_k = 1{,}12$.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. April 1901.)

## Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

**Hann, Julius**, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. gr. 8. Lieferung 4 S. 241—320. Lieferung 5 S. 321—400. Lieferung 6 S. 401—480. (Vollständig in circa 8 Lieferungen.) 1901. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. à M. 3.—.

**Korn, Arthur**, Eine mechanische Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen. Mit 5 in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. XII u. 220 S. 1901. Berlin, Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung. Geheftet M. 6.—. Gebunden M. 7.—.

**Schmidt, Hans**, Anleitung zur Projektion photographischer Aufnahmen und lebender Bilder. (Kinematographie) (Photographische Bibliothek No. 13.) Mit 56 Figuren im Text. 8. VIII u. 122 S. 1901. Berlin, Gustav Schmidt. M. 2.50.

**Zacharias, Johannes**, Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes, deren Anfertigung, Verwendung und Betrieb. Zweite, vollständig umgearbeitete und beträchtlich vermehrte Auflage. Mit 294 Illustrationen. gr. 8. XII u. 724 S. 1901. Jena, Hermann Costenoble. M. 22.—.

## Personalien.

Professor Des Coudres in Göttingen erhielt einen Ruf für die neuerrichtete ausserordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Würzburg und wird ihm Folge leisten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.